AUS DER PROTHETISCHEN ABTEILUNG
Vorstand: Professor Dr. E. KRAFT
DER KLINIK FÜR ZAHN-, MUND- UND KIEFERKRANKHEITEN
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Direktor: Professor Dr. Dr. J. HEISS

EXPERIMENTELLE ELEKTROMYOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN IM NACHTSCHLAF UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER UNTERKIEFERBEWEGUNGEN

INAUGURAL—DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
MANFRED KÖHLER
aus Memmingen

München 1972

AUS DER PROTHETISCHEN ABTEILUNG
Vorstand: Professor Dr. E. KRAFT
DER KLINIK FÜR ZAHN-, MUND- UND KIEFERKRANKHEITEN
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Direktor: Professor Dr. Dr. J. HEISS

EXPERIMENTELLE ELEKTROMYOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN IM NACHTSCHLAF UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER UNTERKIEFERBEWEGUNGEN

INAUGURAL–DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
MANFRED KÖHLER
aus Memmingen

München 1972

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der

Universität München

Berichterstatter:	PD. Dr. Dr. P. Fuchs
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. E. Kraft
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung:	25. April 1972

UNIV. LEIDEN BIBL.

MEINEN ELTERN

EIN VORWORT

Die in dieser Arbeit veröffentlichten Ergebnisse wurden in Zusammenarbeit mit Herrn S. SCHMIDINGER gefunden. Er wird in seiner Arbeit ein weiteres Teilgebiet behandeln.

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	Einleitung	1
1.1	Die Kaufunktion	1
1.2	Der Schluckvorgang	1
1.3	Die Leermastikation	2
2.	Problemstellung	3
3.	Versuchsanordnungen	3
3.1	EEG- und EOG-Untersuchungen	3
3.2	EMG-Untersuchungen	
3.3	Untersuchungsanordnung zur fortlaufenden Registrierung der Mundöffnung	5
4.	Auswertung der Ergebnisse	6
4.1	EEG und EOG mit Erläuterung der Vigilanzstadieneinteilung nach KUGLER	6
4.2	Auswertung der Ergebnisse (EMG) mit allgemeinen Vorbemerkungen zur Elektromyographie	8
4.3	Auswertung der Abstandsmessung	9
5.	Untersuchungsergebnisse	10
5.1	Verteilung der Schlafstadien	10
5.2	Verteilung der Öffnungs- und Schließbewegungen	10
5.3	Muskelaktivität und Mundöffnung	10
5.4	Muskelaktivität im Schlaf und Schluckfrequenz	12

Seite

6. Diskussion 13

6.1 Aussagewert der verwendeten EMG-Untersuchungsmethode 13
6.2 Verteilung der Schlafstadien 13
6.3 Bewegungen des Unterkiefers und Muskelaktivität 14

7. Zusammenfassung 16

8. Literaturverzeichnis 18

9. Bildmaterial 24

1. Einleitung

1.1 Die Kaufunktion

Erscheinungen der täglichen Praxis - wie Abrasionsfacetten, Parodontolysen, durchgebissene Kronen, abgesprengte Verblendungen, abgebissene Jackettkronen und nicht zuletzt Schmerzen und Verspannungen der Kaumuskulatur haben in einer Vielzahl von Begriffen, aber bisher in relativ wenigen experimentellen Untersuchungen, ihre Erklärung gefunden. Daß die normale Kaufunktion oder der Schluckvorgang als Ursachen ausscheiden, haben schon die Untersuchungen von GRAF und ZANDER (8), JANKELSON (12, 13) und MØLLER (22) ergeben: Im eugnathen Gebiß findet während des Kauvorgangs kaum Kontakt statt, da fortwährend der Speisebolus zwischen den Zähnen liegt, und die vertikal ausgerichtete Schließbewegung, durch proprioreceptive Reflexe gesteuert, kurz vor dem Erreichen des Zahnkontaktes aufhört. Das Maximum der Muskelaktivität ist ebenfalls kurz vor Erreichen des Zahnkontaktes zu beobachten. Der beim Kauen festgestellte Abrieb an Zahnsubstanz wird daher durch die Nahrung verursacht. Er kann jedoch wegen den Nahrungsgewohnheiten unserer Zivilisation als sehr gering veranschlagt werden.

1.2 Der Schluckvorgang

Lediglich beim Schluckakt kommt es zu intensivem Zahnkontakt. Das Maximum der Muskelaktivität wird hier nach Beginn des Zahnkontaktes als isometrische Kontraktion im Schlußbiß erreicht. Doch die bei vollem Bewußtsein hier frei werdenden Kräfte reichen zur Erklärung der oben beschriebenen Erscheinungen bei weitem nicht aus.

1.3 Die Leermastikation

KAROLYI glaubte sie in der Leermastikation, dem Zusammenpressen und Reiben der Zähne gegeneinander außerhalb der Nahrungszerkleinerung, gefunden zu haben. Verallgemeinernd wird auch der Ausdruck "Knirschen und Pressen" gebraucht, während sich in der angelsächsischen Literatur der Ausdruck "Bruxism" einbürgerte. DRUM (3) führte den Begriff der exzessiv kompensatorischen Parafunktionen ein und gab auch eine ganze Anzahl von auslösenden Faktoren - "Triggerfaktoren" - an. Sie sind praktisch in allen Veränderungen zu suchen, die das funktionelle Zusammenspiel der Komponenten des orofacialen Systems (PUFF) stören - als da sind: Zu hohe oder zu niedrige Bißhöhe, Verlust von Stützzonen, Frühkontakte, entzündliche Veränderungen in den parodontalen Geweben (ESCHLER (4)), etc. Nicht zu vergessen die Faktoren, die in der Psyche des Patienten zu suchen sind. Derartige "motorische Unarten" (HUPFAUF (10, 11)) können während des Wachstadiums durch die willensmäßige Beeinflussung der Muskulatur in Grenzen gehalten werden. Nachts hingegen kommt es möglicherweise zu Leermastikationen stärkeren Ausmaßes, wobei die Krafteinwirkung ungleich stärker erfolgt, da die sensible Kontrolle der Kaukraft dann erheblich vermindert oder sogar ausgeschaltet ist (KRAFT (16)). Diese Vermutung wird durch die Angaben vieler Patienten gestützt, die nach dem morgendlichen Erwachen über Schmerzen und Verspannungen der Kaumuskulatur berichten. Experimentelle elektromyographische Untersuchungen von ESCHLER (4) und KRAFT (16, 17, 19) brachten weiteren Aufschluß über die Kaukraft und die Verteilung und Größe der Muskelaktivitäten während des Nachtschlafes. Diese wurden

von FUCHS (6, 7) bei gleichzeitiger Ableitung des EEGs in Beziehung gesetzt zu Veränderungen der Schlaftiefe. Da jedoch bei den bisherigen Nachtschlafuntersuchungen nicht zwischen isometrischen und isotonischen Kontraktionen unterschieden werden konnte, war es auch nicht möglich, beim Auftreten von Muskelaktivität schlüssige Aussagen über das gleichzeitige Auftreten von Zahnkontakt und damit über das angeschuldigte traumatische Potential der Leermastikationen zu treffen.

2. Problemstellung

Zur weiteren Klärung dieser Zusammenhänge wurden in einer Versuchsreihe die elektrische Aktivität der Kaumuskulatur mit den Öffnungs- und Schließbewegungen des Unterkiefers in den verschiedenen Schlafstadien verglichen.

3. Versuchsanordnungen

Die Untersuchungen wurden an acht weiblichen Versuchspersonen verschiedenen Alters durchgeführt, die jeweils drei Nächte in einem ruhigen Einzelzimmer unserer Klinik schliefen.

3.1 EEG - und EOG - Untersuchungen

Bei der bipolaren Ableitung des Elektroencephalogramms fanden SCHWARZER-Nylon-Silberklebeelektroden Verwendung. Die Lokalisation der Elektroden ist aus Abb. 1 ersichtlich. Sie wurden nach Entfernung störender Haare occipital und paramedian an der

linken Hemisphäre mit Kollodium aufgeklebt. Die klein dimensionierten Mayo-Klebeelektroden zur Ableitung des Okulogramms waren ebenfalls mit Kollodium am inneren und äußeren Augenwinkel befestigt. Eine anfängliche schmerzhafte Irritation war in der Regel schon nach wenigen Minuten verklungen. Zur Verbesserung des Kontaktes wurden sämtliche Elektroden mit Elektrodenpaste (OFFNER) gefüllt. Die Verstärkung betrug 6 mm bei 50 Mikrovolt, die Papiergeschwindigkeit 15 mm/sec, die Zeitkonstante 0,3.

3.2 EMG-Untersuchungen

Die Massenaktivität der mm. masseter und der Mundbodenmuskulatur wurde bipolar abgeleitet. Die Lage der Elektroden wurde nach Angaben von AHLGREN (1) gewählt. Sie ist ebenfalls aus Abb. 1 ersichtlich. Alle Ableitungen wurden mit Oberflächenelektroden (Silber-Trovidur-Klebeelektroden) durchgeführt. Mit einer Unterarmmanschette waren die Patienten geerdet.

Die Zeitkonstante bei der Registrierung betrug 0,001 sec, die Verstärkung des Eichgerätes wurde so gewählt, daß 10 mm Zeigerausschlag einer Potentialdifferenz von 30 uV entsprachen. Als Registriergerät diente der Physioskript E (SCHWARZER) mit maximal sieben Kanälen. Er wurde jeweils außerhalb des Untersuchungsraumes aufgestellt. Um Störungen aus dem Stromnetz zu vermeiden, war ein Fehlerschutzschalter installiert worden.

Die bipolare Ableitung ist verhältnismäßig wenig anfällig gegenüber Störspannungen. Da der Abstand der Elektroden im Vergleich zu der Länge des Muskels

klein ist, kommen fortgeleitete Potentiale von anderen Muskeln gleichzeitig an beiden Ableitungspunkten an und verursachen keine Beeinflussung des EMGs, da sie vom Differentialverstärker kompensiert werden. Oberflächen- und Nadelelektroden benötigen ein Wiedergabesystem mit hohem Eingangswiderstand und weitem Frequenzbereich. Wegen der kleinen Elektrodenfläche ist der Übergangswiderstand relativ hoch und wegen der Muskelbewegungen inkonstant. Um diese störenden Einflüsse zu vermeiden (Amplitudenverringerung, Amplitudenschwankung, Entstehung von Artefakten) wurden Verstärker mit extrem hohem Eingangswiderstand verwendet. (Im vorliegenden Fall Differentialröhrenverstärker ohne Gitterableitwiderstand in der Eingangsschaltung).

3.3 Untersuchungsanordnung zur fortlaufenden Registrierung der Mundöffnung

An Gipsmodellen des Ober- und Unterkiefers wurden im Seitenzahnbereich mittels kleinst dimensionierter Prothesen zwei Spulen mit Weicheisenkern einander gegenüberliegend fixiert, wobei eine Störung der Okklusion peinlichst vermieden wurde (Abb. 2). Zur Isolierung gegen Speichel erwiesen sich schließlich Zwei-Komponenten-Kleber auf der Basis von Epoxy-Harzen als geeignet. Die Senderspule wird mit Niederfrequenz gespeist. Sie erzeugt in der Empfängerspule induktiv eine Spannung, die dem Abstand der Spulen umgekehrt proportional ist. Diese Spannung wird verstärkt, gleichgerichtet und über einen Meßbrückenverstärker auf den festen Null-Lagen-Schreiber des Apparates eingestellt und dann in

folgenden Positionen geeicht:

1. Habituelle Okklusion oder maximaler Kontakt
2. Höcker auf Höcker im Seitenzahnbereich
3. Schrittweise bis zu 5 mm mittels im Seitenzahnbereich eingeschobener Plexiglasplättchen

4. Auswertung der Ergebnisse

4.1 EEG und EOG mit Erläuterung der Vigilanzstadieneinteilung nach KUGLER

Mit dem EEG messen wir elektrische Potentialveränderungen in der Hirnrinde, deren charakteristische Wellenformen in Beziehung zu den Stadien des Schlafes gesetzt werden können. Dazu dient uns die in Abb. 3 vorliegende Vigilanzstadieneinteilung von KUGLER. Da heute der Schlaf als Funktion bestimmter hypnogener Hirnstrukturen verstanden wird, die aktiv die für den Wachzustand wesentlichen Neurone hemmen, ist es wohl richtiger, bei der Einteilung des Schlafes anstatt von Schlafstadien - von Vigilanzstadien - zu sprechen.

Die Reihenfolge der Vigilanzstadien in Abb. 3 bezeichnet man als den synchronisierten oder orthodoxen Schlaf. Im Wachzustand beobachten wir einen Alpha-Wellen-Grundrhythmus von 8 - 13/sec. Die Amplitude beträgt etwa 50 uV. Sie kann zwischen 10 und 150 uV schwanken. Im Ermüdungsstadium (A_0 - A_2) erfolgt eine Verringerung der Amplitude bis zur Auflösung des Alpha-Rhythmusses. Er wird im Einschlafstadium (B_0 - B_2) durch flache Thetawellen

(4 - 7/sec) ersetzt, die im Stadium des leichten Schlafes (C_0 - C_2) ihre Amplitude vergrößern. Es treten Spindeln (∽ - Rhythmen) auf, die aus der präzentralen β -Tätigkeit hervorgehen. Der mittlere Schlaf (D_0 - D_2), der dann in den Tiefschlaf (E-Stadium) übergeht, ist durch langsame Wellen (0,5 - 1/sec) gekennzeichnet. Dieser orthodoxe oder synchronisierte Schlaf umfaßt etwa 80 % der Schlafperiode des Erwachsenen.

50 - 90 Minuten nach dem Einschlafen wird diese erste Schlafphase durch den "Traumschlaf" oder desynchronisierten Schlaf abgelöst. Er ist gekennzeichnet durch kleine, rasche Zwischenwellen von 4 - 6/sec und 40 - 60 uV. Myoklonische Zuckungen der Extremitäten, der Gesichts- und Kaumuskulatur treten auf. Die Augen vollführen schnelle, ruckartige Bewegungen in Gruppen von jeweils 2 - 10 Blickwendungen, die als Rapid-Eye-Movements (REM) bezeichnet werden. In dieser Phase ist die Weckreizschwelle deutlich erhöht. Neben den schnellen Augenbewegungen lassen sich beim Einschlafen und im Zusammenhang mit Körperbewegungen Slow-Eye-Movements (SEM) festhalten. Der Traumschlaf umfaßt etwa 20 % der Schlafperiode des Erwachsenen. Pro Nacht werden 4 - 5 synchronisierte Phasen beendet (ASERINSKY und KLEITMAN (2), LOOMIS und KUGLER (20)).

Bei der visuellen Auswertung des EEGs wurde das auf der Originalkurve über 40 sec ermittelte Schlafstadium auf die Nachtschlafkurve übertragen.

4.2 Auswertung der Ergebnisse (EMG) mit allgemeinen Vorbemerkungen zur Elektromyographie

Bei der Elektromyographie handelt es sich um eine elektrophysiologische Methode zur Messung bioelektrischer Potentiale. Man erhält hierdurch eine Aussage über den Zustand der Muskulatur und über die Aktivität der motorischen Neurone bei Reflex- und Willkürinnervation.

Die Muskelkontraktion wird von nervalen Impulsen ausgelöst, die die motorsiche Einheit des betreffenden Muskels, mit einer bestimmten Anzahl von Muskelfasern, über die entsprechende motorische Endplatte erregen. Die sich ausbreitende Erregungswelle erfaßt das kontraktile Element, wobei der eigentliche Verkürzungsvorgang der Muskelfaser einsetzt. Das hierbei auftretende Aktionspotential beruht darauf, daß im Augenblick beginnender Muskelkontraktion Punkte erregten Muskelgewebes gegenüber der unerregten Umgebung elektrisch negativ sind.

Das auf Grund dieser Polarisationsänderung entstehende Aktionspotential wird durch die Elektromyographie als elektrische Aktivität des Muskels aufgezeichnet. Bei zunehmender Muskelspannung werden durch den Einsatz weiterer motorischer Vorderhornzellen zunehmend neue motorische Einheiten aktiviert. Außerdem nimmt die Entladungsfolge zu. Der Innervationsaufwand wird also durch zwei Faktoren vergrößert:

1. Durch die Rekrutierung weiterer Einheiten und
2. Durch die Entladungsfrequenz

Auf diese Weise entwickelte sich bei mittlerer Entladungsfrequenz eine Überlagerung elektrischer Potentiale der Einzelentladungen (Übergangsmuster), wobei sich jenseits einer bestimmten Entladungsfrequenz und bei maximaler Innervation des Muskels die einzelnen motorischen Einheiten nicht mehr selektiv beobachten lassen. Es entsteht dann ein Interferenzmuster (FUCHS (7)). Bei den von uns verwendeten Oberflächenelektroden kommen nur Summenaktionspotentiale zur Darstellung. Ihre Größe ist bei isometrischer Kontraktion der Muskelspannung proportional. Darüber hinaus haben Arbeiten von KRAFT (18, 19) gezeigt, daß ein weiterer Zusammenhang zwischen der von den Kieferelevatoren ausgeübten Kaukraft und dem aus dem EMG gewonnenen Integral der Aktionspotentiale besteht.

Die EMG-Befunde wurden so ausgewertet, daß die 15 mm des Zeitschreibers auf der Originalkurve 1 sec auf der Schlaftiefenkurve entsprachen. Es wurde zwischen kleiner, mittlerer und großer Muskelaktivität (MA) unterschieden.

4.3 Auswertung der Abstandsmessung

Aus unseren Eichkurven ergab sich, daß im Abstandsbereich von 0 - 10 mm die registrierte Induktion einer linearen Funktion entspricht. An Hand der jeweiligen Eichkurve fertigten wir eine Schablone an, mit der die ganze Originalkurve abgefahren wurde. Jede Öffnungs- und Schließbewegung wurde auf die Schlaftiefenkurven übertragen.

5. Untersuchungsergebnisse

5.1 Verteilung der Schlafstadien

Abb. 4 zeigt die prozentuale Verteilung der Schlafstadien von acht Patienten in 24 Nächten. Es überwiegt bei weitem das Einschlafstadium (B) mit 67 % der Gesamtschlafzeit. Das Ermüdungsstadium (A) und das Stadium des leichten (C) und mittleren Schlafes (D) sind mit 8 - 13 % annähernd gleich, während der tiefe Schlaf (E) nur 2 % der Gesamtschlafzeit ausmacht. Die durchschnittliche Schlafdauer betrug 5 Stunden und 15 Minuten.

5.2 Verteilung der Öffnungs- und Schließbewegungen

Abb. 5 zeigt die Zuordnung der jeweiligen Mundöffnung in der Gesamtschlafzeit bei acht Patienten in Einzelauswertung. Entsprechend der Eichung stellt die erste Säule (0) maximalen Zahnkontakt, die zweite Säule Spitzenkontakt der Zähne bei Vorschub- und Seitwärtsbewegungen (0,1) und erst die dritte Säule tatsächliche Öffnungsbewegungen dar, bei denen mit Sicherheit eine Disklusion der Zahnreihen anzunehmen ist. Die Mundöffnung beträgt dann mehr als 1 mm.

In mehr als 50 % der Gesamtschlafzeit ist also der Mund eindeutig geöffnet.

5.3 Muskelaktivität und Mundöffnung

Auch unsere Untersuchungen konnten ganz allgemein

die Beobachtungen von FUCHS (7) u. a. bestätigen, daß mit Eintritt in das Stadium des leichten und mittleren Schlafes die Muskelaktivitäten abnehmen und im Ermüdungs- und Einschlafstadium wieder auftreten (Abb. 6). Im E-Stadium konnten wir bei unserem Patientenkollektiv keine Hackbewegungen nachweisen. Die Anzahl der Einzelentladungen bzw. der Muskelkontraktionen wurde aus folgender Formel errechnet:

$$\frac{(\text{Schlaftiefe} \times \text{Entladungszahl})\ (1 + 2 + 3 + n)\ \text{Patienten}}{\text{gesamte Schlafzeit von } n \text{ Patienten}}$$

Die in Abb. 7 vorliegende Schlaftiefenkurve zeigt nun neben den Ableitungen der mm. masseter, der Mundbodenmuskulatur und der Flexoren des Unterarms die fortlaufende Registrierung der Mundöffnung. Bei dieser Versuchsperson sind auch im tiefen Schlaf, mit Ausnahme von kurzen Öffnungs- und Schließbewegungen, die Zahnreihen geschlossen. Sie können als Hack- oder Schluckbewegungen gedeutet werden und sind immer von synchroner Masseter- und Mundbodenaktivität begleitet. Dies zeigt der Originalkurvenausschnitt (Abb. 8) im Stadium des mittleren Schlafes (D_1). Er zeigt auch, daß das Maximum der MA am Ende der Schließbewegung auftritt, wenn bereits wieder Zahnkontakt vorhanden ist und bestätigt damit auch beim Nachtschlaf die Beobachtungen von GRAF und ZANDER (8). Neben den Hackbewegungen treten noch langsame, träge Öffnungsbewegungen ohne gleichzeitige MA auf, die als Zurücksinken des Unterkiefers bei entspannter Muskulatur aufgefaßt werden können. Ein Originalkurvenausschnitt derselben Patien-

tin zeigt im Stadium des Tiefschlafes (E), daß der Mund geschlossen ist (Abb. 9).

5.4 Muskelaktivität im Schlaf und Schluckfrequenz

Bei den untersuchten Patienten, deren Anamnese keinerlei Hinweis auf Störungen im orofacialen System oder Parafunktionen ergab, konnten wir beobachten, daß praktisch jede deutliche Aktivität der Masseter- oder Mundbodenmuskulatur zum Zahnkontakt führt. Von FLANAGAN (5) wurde die Schluckfrequenz am Tage mit 2/min angegeben, während die Dauer des Schluckaktes nach MØLLER (22, 23) mit 1 125 $\pm$ 30 msec anzusetzen ist. In der Nacht entspricht die von FLANAGAN (5) angegebene Schluckfrequenz 0,1/min. Untersuchungen von FUCHS (7) ergaben, daß aber im Vergleich zum Tage die mittlere Aktivitätsdauer wesentlich verlängert ist und 4,67 sec im B-Stadium, 4,85 sec im C-Stadium und 5,58 sec im D-Stadium beträgt. Daher ist für die Nacht zwar eine geringere Frequenz des Schluckvorganges, dafür aber eine längere Dauer anzunehmen, so daß die Verhältnisse am Tag praktisch erreicht werden.

Da aber die Zahnreihen beim Schluckvorgang intensiven Kontakt haben und im Schlaf die sensible Kontrolle der Kaukraft über die afferenten Fasern entfällt, ist eine erhebliche Belastung der Zähne anzunehmen, die bei exzentrischen Bewegungen oder Parafunktionen zu den bekannten Schäden im orofacialen System führen kann.

6. DISKUSSION

6.1. Aussagewert der verwendeten EMG-Untersuchungsmethode

Aussagen über die funktionelle Wertigkeit von Kaumuskelaktivitäten, insbesondere der Gegenseite, sind nicht unbedingt stichhaltig, da die elektromyographischen Registrate in ihrer Größenordnung u. a. von der Lokalisation abhängig sind. Die Elektroden wurden jeden Abend neu angelegt und mußten auch einige Male während der Nacht neu fixiert werden. Dabei wurde nach den Angaben von AHLGREN (Abb. 1) verfahren. Bei der Verwendung von Nadelelektroden wird nach den Angaben von GOEPFERT, H. und GOEPFERT, C. (9) beim Einstich ein Schmerzreiz gesetzt, der zu einer erhöhten Abwehrspannung des Muskels führen kann. Es besteht die Möglichkeit, daß bei einem tiefen Reiz im Inneren der Muskulatur eine Art Flexor-Reflex, ausgelöst durch die Erregung der tiefensensiblen Rezeptoren, entsteht. Vergleichende Registrate von Oberflächenelektroden und den von STRUPPLER (23) angegebenen "Insektennadel"-Elektroden, die wir bei der Erprobung unserer Versuchsanordnung angestellt haben, unterschieden sich nicht in ihrem Ergebnis. FUCHS (6) konnte bei seinen Untersuchungen mit insgesamt 150 Drahteinlagerungen über 48 und teilweise 72 Stunden keinerlei Schmerzen oder entzündliche Erscheinungen feststellen.

6.2. Verteilung der Schlafstadien

Auffallend sind die unterschiedlichen Angaben von JOVANOVIC (14) über die Verteilung der Schlafstadien (Abb. 4). Während wir für das A-, C- und D-Stadium annähernd gleiche Werte zwischen 8 - 13 % der Gesamtschlafzeit fanden, gibt JOVANOVIC für das A-Stadium nur 2,6 - 5,9 %, das C-Stadium 18 % und das D-Stadium 13 - 20 % an. Beim E-Stadium, das bei uns nur 2 % der Gesamtschlafzeit ausmacht, fand JOVANOVIC 11 - 19 %, während beim B-Stadium unserem Wert von 67 % dem von JOVANOVIC 20 % gegenüberstehen. Wir hatten also wesentlich mehr B- und A-Stadien und wesentlich weniger E-Stadien registriert.

Als Gründe für diese Unterschiede müssen angesehen werden:

1. Unterschiedliches Untersuchungsgut
2. Unterschiedliche Untersuchungsbedingungen (Räume, Störungen, etc.)
3. Unterschiedliche Auswertungsmethoden und subjektive Gesichtspunkte

Nicht zuletzt sei noch auf die unterschiedliche Schlafstadieneinteilung von KUGLER (20) und JOVANOVIC (14) hingewiesen.

6.3. Bewegungen des Unterkiefers und Muskelaktivität

Bei der gleichzeitigen Registrierung von Unterkieferbewegungen, Muskelaktivitäten und EEG während des Nachtschlafes konnten wir beobachten, daß mit wenigen Ausnahmen jede Bewegung des Unterkiefers

von gleichzeitiger Masseter- und Mundbodenaktivität begleitet war und zum Zahnkontakt führte (Abb. 8, 9, 11, 12). Unterkieferbewegungen ohne synchrone Muskelaktivitäten können wohl durch ein passives Zurücksinken des Unterkiefers erklärt werden. In einem Fall beobachteten wir über 8 sec hinweg eine isoliert auftretende Mundbodenaktivität (Abb. 14), die evtl. mit Bewegungen der Zunge in Zusammenhang zu bringen sind.

Analog zu den Beobachtungen von FUCHS (6) fanden wir die meisten Muskelaktivitäten im Ermüdungs- und Einschlafstadium, ihr Abnehmen mit Eintritt in das Stadium des leichteren und mittleren Schlafes und konnten darüber hinaus nachweisen, daß diese Muskelaktivitäten auch von Unterkieferbewegungen im Sinne von Hack-, Schluck- und Preßbewegungen begleitet sind (Abb. 6).

Daß das Maximum der Muskelaktivitäten am Ende der Schließbewegung auftritt, bestätigt die Beobachtung von GRAF und ZANDER (8 (Abb. 13)).

7. ZUSAMMENFASSUNG

Zur Klärung der Frage, ob die beim Nachtschlaf auftretenden Muskelaktivitäten auch von Zahnkontakt begleitet sind und so eine Belastung des Kauorgans gesichert wäre, wurde neben dem EEG, dem Oculogramm und der Kau- und Mundbodenmuskulatur auch fortlaufend der Abstand zwischen Oberkiefer und Unterkiefer aufgezeichnet. Die Auswertung des Nachtschlafelektroencephalogramms ergab, daß die Schlafstadien so verteilt sind, daß das Einschlafstadium (B-Stadium) mit 67 % bei weitem überwiegt, während das Ermüdungsstadium (A-Stadium) und das des leichten (C-Stadium) und mittleren Schlafes (D-Stadium) annähernd gleich sind, daß weiter mit Eintritt in das Stadium des leichten und mittleren Schlafes die Muskelaktivität abnimmt, während sie im Ermüdungs- und Einschlafstadium wieder auftritt. Mehr als die Hälfte der Gesamtschlafzeit von 5 Stunden und 15 Minuten hielten unsere Versuchspersonen den Mund geöffnet. Neben kurzen Hack- und Schluckbewegungen traten langsame, träge Öffnungsbewegungen auf, die als Zurücksinken des Unterkiefers bei entspannter Muskulatur gedeutet werden können. Da jede deutliche Masseter- und Mundbodenaktivität von Zahnkontakt begleitet war, kann im Schlaf bei Ausfall der sensiblen Kontrolle der Kaukraft über die afferenten Fasern eine erhebliche Belastung des Kauorgans angenommen werden.

Für die Überlassung des Themas sowie
für manches gute, nützliche Gespräch
möchte ich

Herrn Oberarzt PD. Dr. Dr. P. FUCHS

recht herzlich danken.

Zu besonderem Dank bin ich Herrn Professor
Dr. J. KUGLER (Nervenklinik der Universität München)
und Frau GATTUNG (Klinik für Zahn-, Mund- und Kiefer-
krankheiten der Universität München) verpflichtet,
die an der Auswertung meiner Ergebnisse maßgeblich
Anteil hatten.

8. LITERATURVERZEICHNIS

1. AHLGREN, J. — Electromyography of the masticatory movements
   Acta odont. scand. 24: Suppl. 44 (1966)

2. ASERINSKY, E. und KLEITMAN, N. — Two types of ocular motility occuring during sleep
   J. appl. Physiol. 8, 1 (1955)

3. DRUM, W. — Über Parafunktionen, insbesondere über die unbewußte KAROLYI-Parafunktionen des Gebisses
   Zahnärztl. Rundschau Heft 16, 287 (1950)

4. ESCHLER, J. — Elektrophysiologische und -pathologische Untersuchungen des Kausystems
   1. Mitteilung: DZZ 7, 958 (1952)
   Elektrische Untersuchungen über die Erregung der Großmasseteren im Schlafe bei marginalen Parodontopathien
   2. Mitteilung: DZZ 7, 1333 (1952)
   Untersuchungen über die Muskelaktionsströme beim nächtlichen Knirschen und Pressen

3. Mitteilung: DZZ 6, Heft 3, 1147 (1955)

5. FLANAGAN, J.B. — The 24-hour pattern of swallowing in man
Int. Ass. dent. Res. 44th Gen. Meeting, Abstract No. 165 (1963)

6. FUCHS, P. — Nachtschlafuntersuchungen und ihre Bedeutung für die Zahnheilkunde
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 81, 645 (1971)

7. FUCHS, P. — Experimentelle Untersuchungen zur Behandlung von funktionellen Kiefergelenksbeschwerden
Habilitationsschrift, München (1971)

8. GRAF, H. und ZANDER, H. — Okklusale Zahnkontakte und Muskelaktivität beim Kauen und Schlucken
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 74, Nr. 6, 495 (1964)

9. GOEPFERT, H. und GOEPFERT, C. — Die Restaktivität in der ruhenden Muskulatur des Mundes und des Kauapparates
DZZ 9, Heft 7, 357 (1945)

10. HUPFAUF, L. Abhängigkeit der Ruheschwebe von der Tonuslage
Fortschritte der KFO
Bd. 26, Heft 1, 13 (1965)

11. HUPFAUF, L. Symptomatik und Genese chronischer Kiefergelenkserkrankungen
DZZ 24, 347 (1969)

12. JANKELSON, B. Physiology of human dentition
J. Amer. Dent. Ass. 50, 665 (1955)

13. JANKELSON, B. Physiology of human dental occlusion
J. Amer. Dent. Ass. 50, 644 (1955)

14. JOVANOVIC, U. Der gegenwärtige Stand der physiologischen Traumforschung
Hippokrates 40, 121 (1969)

15. JOVANOVIC, U. Der normale, abnorme und pathologische Schlaf - polygraphische Registrierungen -
Verhandlungen Dt. Ges. Innere Medizin 1971
Kongreß 1965, Verlag J. F. Bergmann, München

16. KRAFT, E. — Über die Untersuchung der menschlichen Kaumuskeltätigkeit während des Nachtschlafes
Stoma, Heidelberg 12, 213 (1959)

17. KRAFT, E. — Über die Beziehung zwischen Zahnabrieb und Kaumuskeltätigkeit
DZZ 16, 3 (1963)

18. KRAFT, E. — Möglichkeiten und Grenzen elektromyographischer Untersuchungsmethoden in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
DZZ 18, 904 (1963)

19. KRAFT, E. — Zur Physiologie und Elektromyographie der Kaumuskulatur in ihrer Bedeutung für Ätiologie und Therapie der Dysgnathien
Fortschr. Kieferorthop. 25, 1 (1964)

20. LOOMIS, A.L. und KUGLER, J. — Elektroencephalogie in Klinik und Praxis
Eine Einführung, 2. Aufl., Thieme, Stuttgart (1966)

21. MØLLER, E. The chewing apparatus
Acta physiol. scand. 69: Suppl. 280 (1966)

22. MØLLER, E. Clinical electromyography in dentistry
Int. dent. J. 19, 250 (1969)

23. STRUPPLER, A. und JAKOBI, M. Vortrag Int. EMG-Kongreß Glasgow (1968)

9. BILDMATERIAL

Abb. 1 — Lokalisation der Elektroden für die bipolare EEG-Ableitung an der Schädelkalotte, die EOG-Ableitung in den Augenwinkeln und die EMG-Ableitung auf dem m. masseter und dem m. mylohyoideus.

Abb. 2 — Patientenmodell mit Trägerplatte und Induktionsspulen an Ober- und Unterkiefer. Zur Festlegung einer konstanten Nullinie wurde zusätzlich ein Nullschreiber eingebaut.

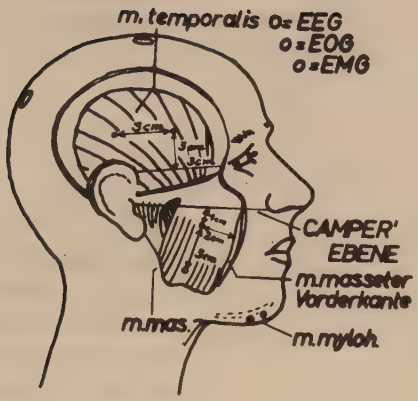
m. temporalis o= EEG
o = EOG
o = EMG
CAMPER'
EBENE
m.masseter
Vorderkante
m.mas.
m.mylo.h.

Abb. 1

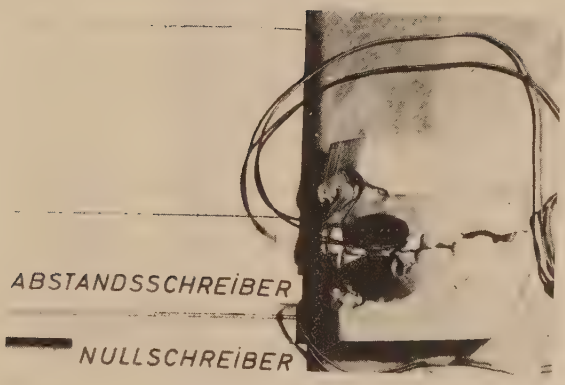
ABSTANDSSCHREIBER
NULLSCHREIBER

Abb. 2

Abb. 3 Vigilanzstadieneinteilung nach KUGLER (20)

Abb. 4 Synopsis der prozentualen Schlafstadienverteilung von acht Patienten. Es überwiegt bei weitem das Einschlafstadium (B) mit 67 % der Gesamtschlafzeit.
Das A-, C- und D-Stadium sind mit 8 - 13 % annähernd gleich.
Das E-Stadium macht nur 2 % der durchschnittlichen Gesamtschlafzeit von 5^{h} 15' aus.

Schlafstadien

Stadienbezeichnung			EEG-Muster
	Loomis Kugler	Verhalten	führend. Kennz.
0 A_0		Wachheit	Normvariante
1 A_1		Ermüdung	« diffus
2 A_2			« spärlich
3 B_0	Nullstadium		flache ♂
4 B_1		Einschlafen	« klein
5 B_2			« hoch
6 C_0		leichter	hohe ♂ 30%
7 C_1		Schlaf	« « 50%
8 C_2			« « 80%
9 D_0		mittlerer	δ 30%t
10 D_1		Schlaf	δ 50%t
11 D_2			δ 80%t
12 E		tiefer Schlaf	δ kontin.

Abb. 3

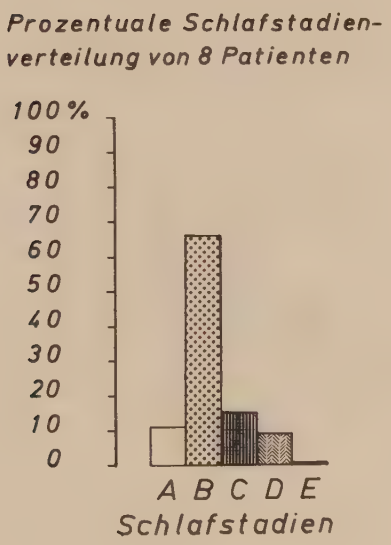

Abb. 4

Abb. 5 Zuordnung der jeweiligen Mundöffnung in der Gesamtschlafzeit von acht Patienten in Einzelauswertung. Erste Säule maximaler Kontakt, zweite Säule Spitzenkontakt bei Vorschub- und Seitwärtsbewegungen, dritte Säule tatsächliche Öffnungsbewegungen.

Abb. 6 Die Anzahl der Kontraktionen in den verschiedenen Schlafstadien nimmt mit zunehmender Schlaftiefe ab.

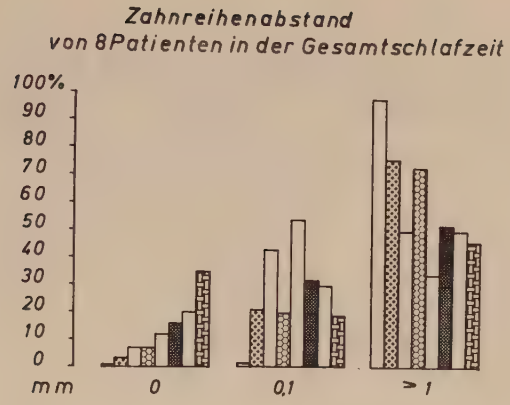
Zahnreihenabstand
von 8 Patienten in der Gesamtschlafzeit
100%
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
mm
0
0,1
> 1

Abb. 5

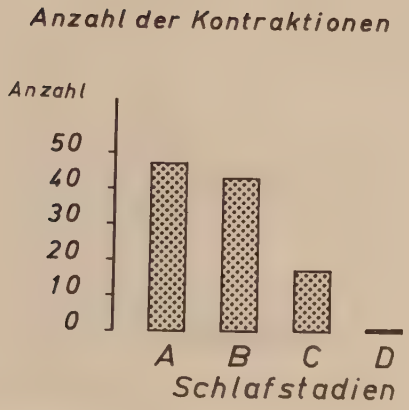
Anzahl der Kontraktionen
Anzahl
50
40
30
20
10
0
A
B
C
D
Schlafstadien

Abb. 6

Abb. 7 Schlaftiefenkurve der Patientin P. C. Auf der Ordinate sind die Schlafstadien von A - E aufgetragen, auf der Abszisse die Zeitschreibung, darunter die Aktivität der mm. masseter rechts (MAS r.) und links (MAS l.), der Mundbodenmuskulatur (GG) und des m. flexor brachii (F).

Abb. 8 Originalkurvenausschnitt zur vorhergehenden Schlaftiefenkurve. Im Stadium des mittleren Schlafes (D_1) zahlreiche Hack- und Schluckbewegungen, die von synchroner Masseter- und Mundbodenaktivität begleitet sind. Das Maximum der Muskelaktivität am Ende der Schließbewegung.

Diese und alle nachfolgenden Originalkurven zeigen von oben nach unten die Ableitung des Elektroencephalogramms (EEG-bipolar), des Oculogramms (EOG), des m. masseter rechts und links (MAS r. + l.), der Mundbodenmuskulatur und des m. flexor brachii (F).
Die Originalkurven sind analog geeicht.

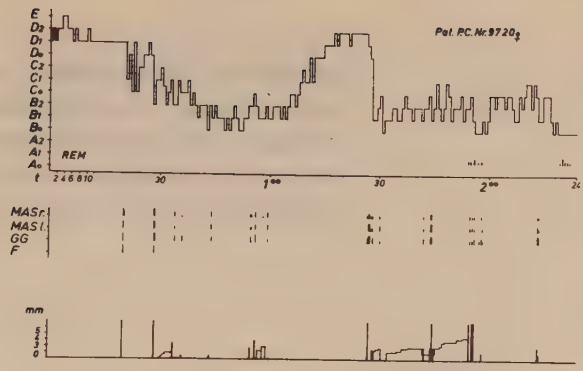
E
D2
D1
D0
C2
C1
C0
B2
B1
B0
A2
A1
A0
t
REM
Pat. P.C. Nr. 97 20 5
MASr
MASl
GG
F
mm
5
4
3
0

Abb. 7

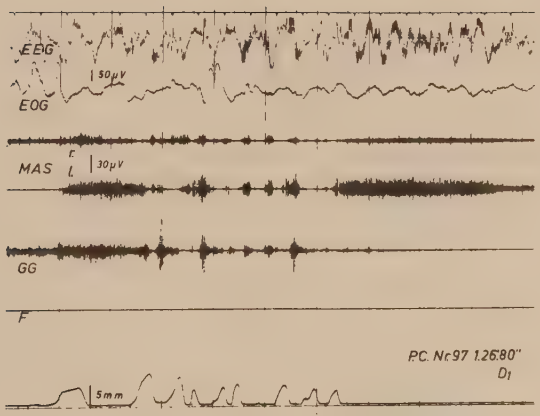
EEG
50µV
EOG
MAS r
l
30µV
GG
F
P.C. Nr. 97 1.26'80"
D1
5mm

Abb. 8

Abb. 9 Originalkurve derselben Patientin um 24.04 Uhr. Die Versuchsperson befindet sich im Tiefschlaf, die Zahnreihen berühren sich, Muskelaktivität ist nicht vorhanden.

Abb. 10 Der Originalkurvenausschnitt zeigt das Zurückgleiten in die habituelle Okklusion begleitet von Mundbodenaktivität und darauf folgenden synchronen Hackbewegungen.

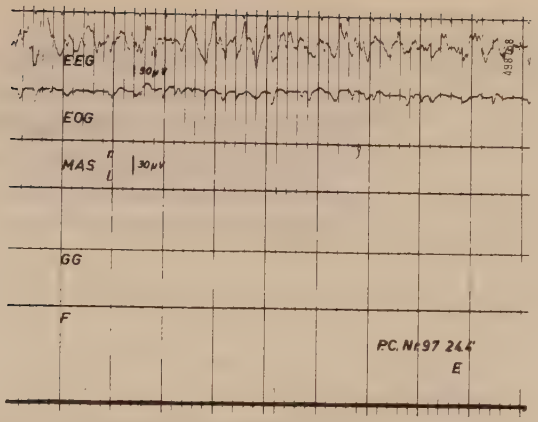
EEG
30 µV
EOG
MAS r
l
30 µV
GG
F
PC. Nr. 97 24.4'
E

Abb. 9

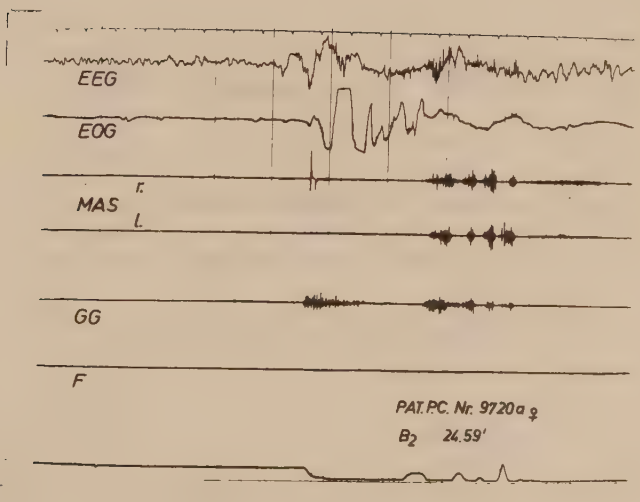
EEG
EOG
MAS r.
l.
GG
F
PAT. PC. Nr. 9720a ♀
B2 24.59'

Abb. 10

Abb. 11 Dieser Originalkurvenausschnitt zeigt synchrone Entladungen der Masseter- und Mundbodenmuskulatur, die zum Zahnreihenschluß führen und von einer Mundbodenaktivität eingeleitet werden.

Abb. 12 Im Einschlafstadium kurze (1/2 sec) synchrone Muskelaktivitäten begleitet von Öffnungsbewegungen, die vorübergehend von einer 3 sec dauernden Muskelkontraktion abgelöst werden, wobei es zum Zahnreihenschluß kommt.

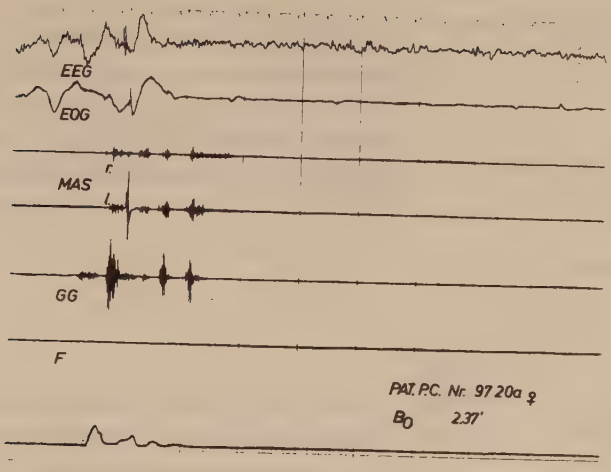
EEG
EOG
r.
MAS
l.
GG
F
PAT. P.C. Nr. 97 20a ♀
B0 2.37'

Abb. 11

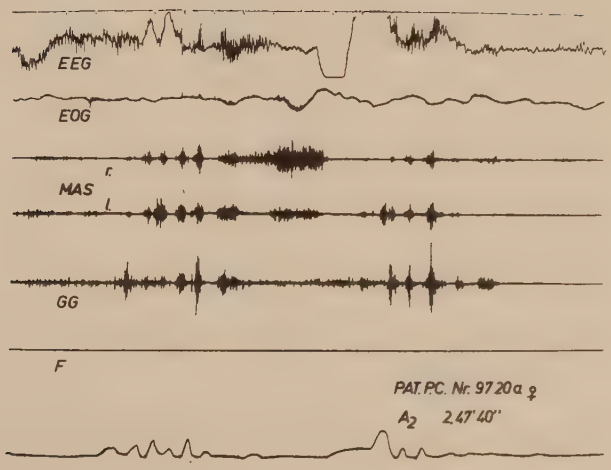
EEG
EOG
r.
MAS
l.
GG
F
PAT. P.C. Nr. 97 20a ♀
A2 2.47'40''

Abb. 12

Abb. 13 Der Originalkurvenausschnitt der Patientin P. C. zeigt im EEG einen Abfall der Schlaftiefe von C_1 nach B_2. Die dabei auftretende Muskelaktivität erreicht ihren Höhepunkt bei bereits geschlossener Zahnreihe.

Abb. 14 Dieser Originalkurvenausschnitt derselben Patientin zeigt im Einschlafstadium ein seltenes Beispiel isoliert auftretender Mundbodenaktivitäten, die möglicherweise als Zungenbewegungen gedeutet werden können.

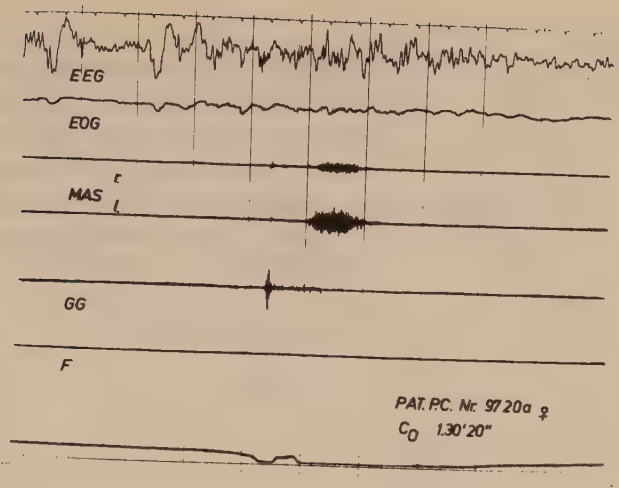
EEG
EOG
MAS r
l
GG
F
PAT.P.C. Nr. 97 20a ♀
C_0 1.30'20"

Abb. 13

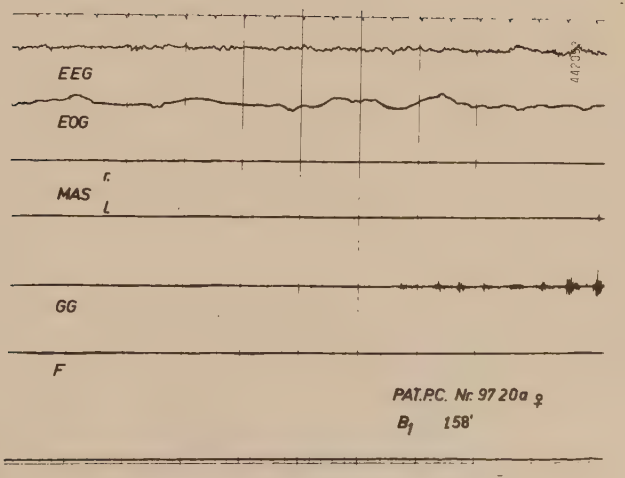
EEG
EOG
MAS r
l
GG
F
PAT.P.C. Nr. 97 20a ♀
B_1 158'

Abb. 14

Abb. 15 Der Originalkurvenausschnitt der Patientin P. C. zeigt während einer kurzen Weckphase im D-Stadium synchrone Muskelaktivitäten mit Zahnreihenschluß und eine 6 sec fortdauernde Innervierung des m. masseter rechts.

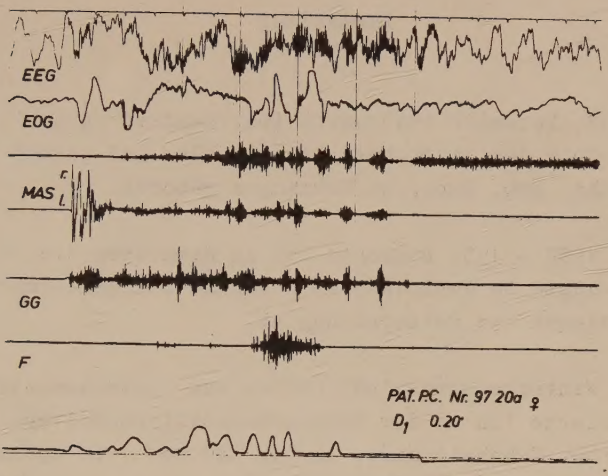

Abb. 15 -

LEBENSLAUF

Am 12. Dezember 1945 wurde ich, Manfred K ö h l e r , als Sohn des Kaufmannes Oskar Köhler und seiner Ehefrau Martha, geb. Danz, in Memmingen geboren.

Von 1952 - 1956 besuchte ich in Memmingen die Volksschule und legte im Juni 1965 am Bernhard-Strigel-Gymnasium in Memmingen die Reifeprüfung ab.

Vom Wintersemester 1965/66 bis zum Wintersemester 1970/71 studierte ich an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München Zahnheilkunde. Am 15. Oktober 1968 bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung und am 14. Juli 1971 das zahnärztliche Staatsexamen. Nach mehreren Praxisvertretungen bin ich seit dem 3. Januar 1972 in der Prothetischen Abteilung der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität München mit der Verwaltung der Dienstgeschäfte eines wissenschaftlichen Assistenten beauftragt.